



EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UNA MEZCLA
ASFÁLTICA EN CALIENTE COMPACTADA A DIFERENTES TEMPERATURAS

DIEGO MAURICIO POLANIA ANDRADE

ÁLVARO JULIÁN PÉREZ OTÁLORA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

BOGOTÁ D.C

2021



EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UNA MEZCLA
ASFÁLTICA EN CALIENTE COMPACTADA A DIFERENTES TEMPERATURAS

DIEGO MAURICIO POLANIA ANDRADE

ÁLVARO JULIÁN PÉREZ OTÁLORA

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR
EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

DIRECTOR:

PH.D LAURA MANRIQUE SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

BOGOTÁ D.C

2021



Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia.](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia



Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la [misma licencia](#) del original.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

Avisos:

[No tiene que cumplir con la licencia para elementos del materiale en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1 GENERALIDADES	9
1.1 Línea de investigación.....	9
1.2 Planteamiento del problema.....	9
1.3 Justificación.....	11
1.4 Objetivos	11
1.4.1 Objetivo general	11
1.4.2 Objetivos específicos	11
2. MARCO DE REFERENCIA.	12
2.1 Marco conceptual.	12
2.1.1 Mezclas asfálticas.....	12
2.1.2 Método Marshall	16
2.2 Marco legal.....	17
2.3 Estado del arte.....	17
3. METODOLOGIA	20
3.1 Cronograma.....	20
3.2 Materiales.....	21
3.2.1. Cemento asfáltico.....	21
3.2.2 Agregados pétreos.....	22
3.2 Ensayo Marshall.....	23
3.3 Valoración de las características de una mezcla MDC-19 compactada a diferentes temperaturas.....	24
3.3.1 Densidad Bulk.....	24
3.3.1 Estabilidad y flujo	24

4. ANALISIS DE RESULTADOS.	26
4.1 Estabilidad y flujo de una mezcla MDC-19 a diferentes temperaturas.....	26
4.1.1 Comportamiento volumétrico.	26
4.1.2 Estabilidad.....	27
4.1.2 Flujo.	29
4.1.3 Rigidez.	30
5. Conclusiones y Recomendaciones.	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	36
Anexo 1: Ensayos de laboratorio.	36
Anexo 2: Registro fotográfico.....	43

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1 , Termografía de la plataforma de la volqueta	10
Imagen 2 , Material compactado	10
Imagen 3 , Temperatura de las mezclas asfálticas.	14
Imagen 4 , Granulometría de mezclas asfálticas	15
Imagen 5 , Compactación Marshall.....	15
Imagen 6 , Probeta Marshall	17
Imagen 7 ,Caracterización del cemento asfaltico 60/70.....	21
Imagen 8 , caracterización física de los agregados	22
Imagen 9 , Curva granulométrica de MDC 19	23
Imagen 10 , Elaboración de briquetas Marshall.....	23
Imagen11 , Densidad Bulk	24
Imagen 12 , Estabilidad y flujo	25

Imagen 13 , contenido de vacíos a diferentes temperaturas	26
Imagen 14 , Estabilidad a diferentes temperaturas.....	27
Imagen 15 , Estabilidad vs Contenido de vacíos.....	28
Imagen 16 , Flujo a diferentes temperaturas.	29
Imagen 17 ,Flujo vs Contenido de vacíos.	30
Imagen 18 , Estabilidad vs Flujo a diferentes temperaturas.....	31
Imagen 19 , Estabilidad vs Contenido de vacíos.....	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 . Características de las mezclas asfálticas	13
Tabla 2 , Antecedentes de mezclas asfálticas compactadas a diferentes temperaturas	18
Tabla 3 , Cronograma de actividades del proyecto	20
Tabla 4 , resultados contenido de vacíos a diferentes temperaturas.....	26
Tabla 5 , Resultados estabilidad a diferentes temperaturas.....	27
Tabla 6 , Resultados Estabilidad vs Contenido de vacíos	28
Tabla 7 , Resultados Flujo a diferentes temperaturas.	29
Tabla 8 , Resultados Flujo vs Contenido de vacíos.....	30
Tabla 9 , Resultados Estabilidad vs Flujo a diferentes temperaturas.	31
Tabla 10 , Resultados Estabilidad vs Contenido de vacíos.	31

INTRODUCCIÓN

En la rama de la ingeniería civil es significativo contribuir con medios que permitan solucionar a nivel de optimizar, perfeccionar y generar mayor control referente al manejo de la materia prima destinada en los procesos de obra civiles, esto a fin de acreditar una excelente calidad de la estructura y su vez obtener una disminución a nivel de costo, tiempo de operación, mantenimientos periódicos y rutinarios que no responden la estabilidad y perfecto funcionamiento de esta. Soluciones que deben generarse mediante trabajos de investigación que incorporen nuevas tecnologías que permitan obtener mejores procesos, ocasionando simultáneamente progresos positivos en los procesos de producción y controles en obra, logrando como efecto, materiales con características y propiedades aceptable que respondan a una vida útil mejor, inmejorable servicio y comodidad a la necesidad de los usuarios.

Por lo tanto, el desarrollo de la infraestructura vial en el país es un fundamental, dado a que contribuye con un crecimiento socioeconómico íntegro que accede al envío de, materia prima, equipos e insumos a distintas partes del país, adicional liga las zonas más retiradas.

El Foro Económico Mundial dio a conocer en el año 2014, un informe el cual se expresa de la competitividad global, mencionando un aumento significativo a nivel económico en diversos países, donde se tuvo en cuenta diferentes factores como la educación, infraestructura, salud etc. (Federación asturiana de empresarios, 2014).

Dicho lo anterior, se estableció que Colombia en términos de infraestructura vial, presenta un déficit que afecta de manera directa, el impulso económico genera problemas a los retos de la globalización. Dando a conocer que Colombia tiene diferentes desventajas en comparación con la infraestructura vial de otros países, entre estas, las pocas autopistas y la conexión de las grandes ciudades con las zonas rurales.

Nuestro proyecto consiste en la evaluación de las características mecánicas de una mezcla Asfáltica Caliente compactada a diferentes temperaturas, tiene como objetivo principal analizar las propiedades mecánicas de una Mezcla a diferentes temperaturas iniciando desde 130°C, 120°C, 110°C, 100°C y 90°C utilizando el sistema de compactación carga monotónica Marshall (I.N.V.E - 748)''¹⁷.

Es fundamental dar a conocer que la compactación en relación con la temperatura es muy importante para obtener una buena mezcla asfáltica porque entre más alta es la temperatura sus propiedades mecánicas son adecuadas y por consecuencia vamos a tener como resultado una buena compactación y así un pavimento flexible más duradero. Es decir, que, a elevadas temperaturas utilizadas para realizar las mezclas asfálticas, generan un incremento negativo en las propiedades del asfalto, por ejemplo, de la disminución de la penetración y el incremento en el punto de ablandamiento y la gravedad específica, sin embargo, el manipular el asfalto en la mezcla con los agregados se torna difícil, puesto que el material pierde condiciones de aglutinante y su cohesión con los agregados disminuye (Garnica, 2004).

1 GENERALIDADES

1.1 Línea de investigación.

Evaluación de características mecánicas de mezclas asfálticas

1.2 Planteamiento del problema.

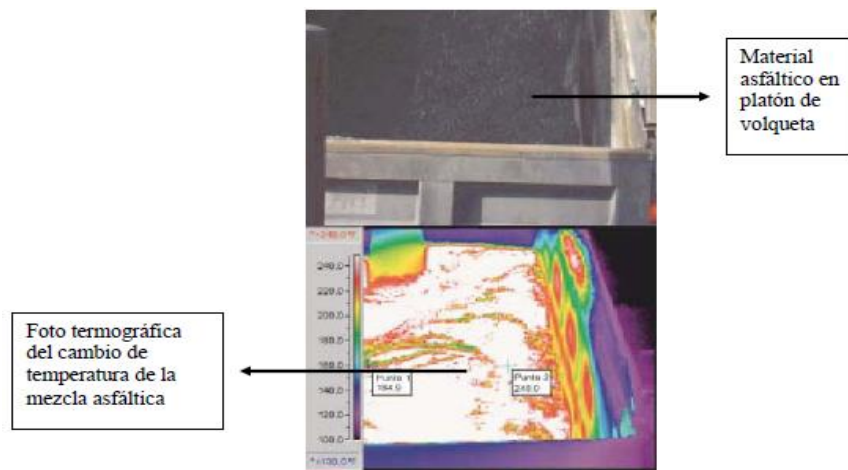
Las temperaturas de las mezclas asfálticas varían dependiendo su elaboración en la planta hasta la conformación de sus diferentes capas de pavimento, principalmente en el asunto de compactación. Se conoce que estas temperaturas, causan una segregación, micro fisuras, superficies onduladas, desgarramientos y especialmente cambios en las propiedades mecánicas y dinámicas de la mezcla. Las mezclas asfálticas en caliente son empleadas en diferentes contextos en virtud de su flexibilidad, estabilidad, uniformidad, resistencia a la fatiga.

Sin embargo, a lo largo de la historia en la construcción de vías en pavimento flexible, es usual topar con diferentes tipos de fenómenos que afectan a cada instante las capas de los pavimentos, como son los fenómenos de fatiga, deformaciones permanentes, fisuras y baches, Debido a esto suele presentar una vida útil corta y un excesivo costo a nivel de operación vehicular y de mantenimiento y mantenimiento.

Otro de los problemas que afectan la mezcla asfáltica después de su producción es mantener la temperatura adecuada desde su producción en planta hasta el sitio de obra. Entre los factores que dan origen a esta situación, la demora en los recorridos que hace dicho material, ya sea por problemas de tráfico, climáticos o la logística en obra por parte del constructor.

El problema del transporte de la mezcla es que puede perjudicar el material hasta el punto de que esta se baje demasiado la temperatura hasta unos 30° C (Rondón Quintana, Urazán Bonells, & Chaves Pabón, 2015) al punto de perder las propiedades mecánicas y no sirva para realizar la compactación en obra como se evidencia en la imagen 1.

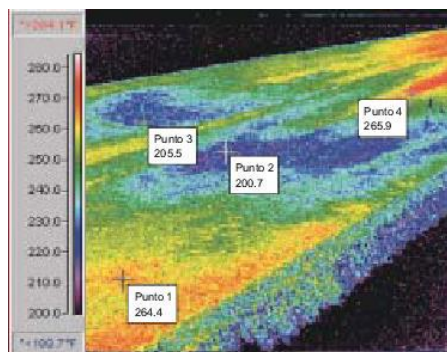
Imagen 1, Termografía de la plataforma de la volqueta



(Ortiz, 2003)

Otra variable que puede afectar la mezcla asfáltica en el proceso de la compactación es el factor climático, debido a los cambios de repente del clima como de sol y pase repentinamente a una lluvia intensa y duradera, que no permita realizar la compactación de dicha mezcla y esto perjudique la pérdida de la temperatura (baja) y ocasioné problemas en las propiedades mecánicas de esta un ejemplo de pérdida de temperatura es el trabajo realizado por Ortiz (2003), donde con una cámara termográfica de la construcción de una vía, el material asfáltico se acarreó por 89 kilómetros, se colocó con una pavimentadora **Cedarapids 551** y se compactó analizando las áreas de baja temperatura en el proceso constructivo y los puntos ideales, se extrajeron diferentes núcleos para determinar el efecto de la temperatura de compactación.

Imagen 2, Material compactado



(Ortiz, 2003)

1.3 Justificación

La infraestructura vial cobra relevancia en Colombia por la consolidación de las redes viales, la cual cada vez es mayor, es decir que los principales ejes viales que son las carreteras nacionales están en etapa de desarrollo tal que es albergando uno o dos partes básicas que significa accesibilidad y conectiva , pero estamos yendo hacia una dirección que es atender lo que significa funcionalidad, es decir que el usuario empiece a sentir que es adecuadamente servido por las vías, pero además también en una etapa mayor que es el tema de integración y que las vías actúen como agentes dinamizadores del desarrollo tanto económico como social.

En Colombia generalmente se utilizan mezclas asfálticas en caliente, al realizar la producción y la instalación de estas mezclas a elevadas temperaturas generan gases contaminantes para el ambiente como también hace que el asfalto tenga un envejecimiento prematuro y la adherencia de la mezcla a veces no cumple la normativa.

Sería ideal que la temperatura de compactación de la mezcla asfáltica durante la construcción pueda reducirse en uno 20 - 30 °C. Debido a las bajas temperaturas de compactación, la mezcla asfáltica puede ahorrar el consumo de combustible, reducir la emisión de gases nocivos y el envejecimiento prematuro del asfalto, así beneficiar al medio ambiente y a los trabajadores durante la construcción. Debido al creciente énfasis en la conservación de la energía y la protección del medio ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las características mecánicas de la mezcla asfálticas en la compactación a diferentes temperaturas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Ejecutar ensayos de laboratorio que permitan identificar las características mecánicas de la mezcla asfálticas compactadas a temperaturas de 80, 100, 120, 140 y 160 grados centígrados.
- Identificar la compactación óptima de mezcla asfáltica dependiendo su grado de temperatura.

2. MARCO DE REFERENCIA.

2.1 Marco conceptual.

2.1.1 Mezclas asfálticas.

La mezcla asfáltica se debe considerar como un material compuesto en donde el material pétreo es el que va a proporcionar la capacidad estructural de la mezcla asfáltica, es decir un material pétreo de buena calidad y con una granulometría bien seleccionada dará como resultado una mezcla asfáltica con buenas prestaciones cuando forme parte de la estructura del pavimento flexible, en cuanto material asfáltico tiene la función de mantener unidas las partículas del material pétreo. Dicha mezcla es fabricada en planta y posteriormente trasladada a la obra para realizar la extensión y compactación (Carlos Kraemer, 2004).

Básicamente las mezclas asfálticas están compuestas por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Podemos considerar un cuarto componente que son los huecos o vacíos que quedan en ella tras la compactación al contrario de lo que ocurre con otros materiales en los que se busca llegar a la máxima compacidad a una ausencia prácticamente total de huecos conocidos en la mayor parte de las mezclas asfálticas interesa que tras la compactación quede una proporción, aunque sea pequeña de huecos para que la mezcla tenga un buen comportamiento. Estas son importantes para el educado trabajo del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. El ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total (Carlos Kraemer, 2004).

Características de las mezclas asfálticas.

En la tabla 1 podemos ver las características principales de las mezclas asfálticas.

Tabla 1. Características de las mezclas asfálticas

Estabilidad	Es la resistencia en abstracto es decir de que la mezcla sea capaz de soportar el paso de las cargas de los vehículos pesados más específicamente podemos referirnos a la resistencia a las deformaciones permanentes.
Durabilidad	Va ligada al envejecimiento medida en que el ligante pueda ir perdiendo con el tiempo sus características debido a la acción del oxígeno del aire del agua de la radiación ultravioleta las características de la mezcla asfáltica se van deteriorando
Impermeabilidad	Cuanto más arriba se sitúe en la sección estructural por tanto una mezcla asfáltica en capa de superficie debería ser absolutamente impermeable con el fin de que evite el paso de aire y agua a las capas interiores del pavimento
Flexibilidad	Es la capacidad del pavimento para acomodarse sin generar fisuras ni agrietamientos a movimientos producidos por diferentes factores
Resistencia a la fatiga	la capacidad de aguantar un número muy importante de aplicaciones de carga todas ellas por debajo de la máxima admisible pero que van acumulando el deterioro es también una propiedad importante en muchos casos

Fuente: Adaptación propia

Clasificación de las mezclas asfálticas.

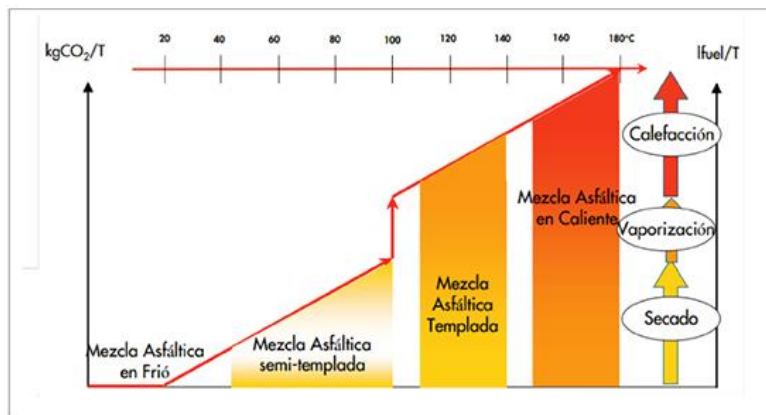
Hay diversos parámetros a nivel de clasificación de las mezclas asfálticas, a continuación, algunas de ellas:

- **Por la temperatura puesta en obra.**

Mezclas asfálticas en Caliente: Son aquellas con una temperatura mayor a los 140°C el proceso de producción es en planta, donde el asfalto debe envolver los agregados, es por ello por lo que se calienta a temperaturas elevadas, Mezclas asfálticas tibias:

Mezclas asfálticas en Frío: son aquellas que por lo general se realizan en el sitio de instalación, donde posteriormente de mezclar se realiza la instalación.

Imagen 3, Temperatura de las mezclas asfálticas.



Fuente: (Perez, 2018)

- **Por la granulometría.**

Encontramos las Mezclas Continuas, o también llamadas (HMA) compuestas por agregados grueso, medio y fino, Mezclas Discontinuas (SMA) compuestas por agregados gruesos y partículas finas y están las Mezclas Abiertas o de curso abierto (OGFC) estas son mezclas porosas usualmente utilizadas para conseguir un gran drenaje inmediato durante las lluvias o para hacer mezclas que son fono reductores de la contaminación sónica. (Geotechnips, 2019)

Imagen 4. Granulometría de mezclas asfálticas



Fuente: (Geotechtips, 2019)

Compactación de mezclas asfálticas.

La compactación de la mezcla asfáltica es una de las tareas que se realizan con mayor cuidado, debido a que de ella obedece el entregable final que debe ser de buena calidad, llevando a cabo el alcance de una densidad alta que responda a la durabilidad establecida y que a su vez no se formen irregularidades en la misma, dicha comparación normalmente se encuentra entre el 95 y 98% de la densidad Marshall, conservando la geometría superficial dada por el equipo instalador de la mezcla.

Imagen 5, Compactación Marshall



Fuente: Propia

Como lo menciona (Piqueras, 1997) la compactación se realizará siempre que la trabajabilidad de la mezcla sea la suficiente. En las mezclas en caliente se debe comenzar a compactar con la temperatura más alta posible (superior a 120°C), siempre que se pueda soportar

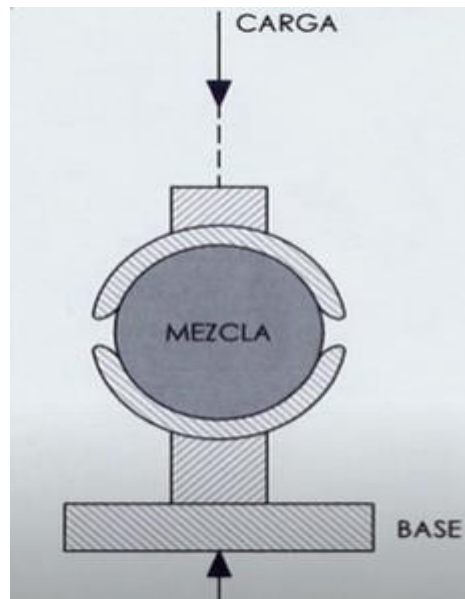
la carga del compactador sin arrollamientos ni agrietamientos. En frío debe existir la suficiente presencia de fluidificantes en las mezclas abiertas o de la propia agua de la emulsión en las mezclas densas.

Uno de los factores para la computación de mezclas asfálticas es la temperatura: La temperatura de compactación de la mezcla en caliente siempre es muy superior a la del ambiente, por lo que se enfría rápidamente, impidiendo la compactación posterior. Pero tampoco es acertado pasarse en temperatura, pues provoca la inestabilidad de la mezcla. Se pueden dar los siguientes valores a efectos prácticos: (Piqueras, 1997) Temperatura durante la compactación 85 – 150°

2.1.2 Método Marshall

El método de formulación de mezclas asfálticas tipo asphalt concrete, que se basa de en el ensayo denominado Marshall es el más utilizado en todos los países desde que fue puesto a punto en la guerra del pacifico por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de América.

En el método Marshall se fabrican probetas de mezcla asfáltica de unas dimensiones de una altura de $2\frac{1}{2}$ " y un diámetro de 4" , mediante impactos que tienen unas determinadas características, en primer lugar se establecen cuáles son las características inicial de la mezcla, fabricando distintas mezclas con contenidos diferentes de asfalto y se determina la densidad aparente (g/cm³) y luego en función del peso específico de los áridos y del ligante se calcula los huecos en áridos o porcentaje de vacíos en el agregado mineral y se calcula los vacíos finales tras la compactación, posterior a esto se procede a realizar el ensayo mecánico de rotura de las probetas que se realiza en unas determinadas condiciones de temperatura y de velocidad de aplicación de carga y mediante este ensayo se determina dos parámetros de dominados estabilidad Mashall o carga de rotura y deformación Marshall que es lo que se ha cortado el diámetro de la probeta hasta el momento de dicha rotura. los resultados se representan gráficamente y en función del análisis de esas curvas se determina el contenido optimo del asfalto. se somete estas probetas a los ensayos de resistencias a las deformaciones plásticas y tracción indirecta antes y después de inmersión, la siguiente imagen se puede observar la forma de la probeta y las acciones a las acciones a las que se somete para llegar a su rotura.

Imagen 6, Probeta Marshall**Fuente:** UPM 2016

Estas probetas son cilíndricas de mas diámetro que altura, las probetas se ensayan a una temperatura de 60 ° Celsius se introduce entre las mordazas se aplica la carga y se determina el momento de la rotura, momento en el cual la carga tendrá un valor determinado estabilidad Marshall. (INV E – 748 – 13)

2.2 Marco legal

El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), es la entidad del gobierno que rige y normaliza el tema de la infraestructura vial en Colombia, por tal dato nuestro proyecto se realizó mediante las “Especificaciones generales de construcción de carreteras” la cual se encarga de fundamentar y reglamentar las especificaciones de mezclas asfálticas en caliente y sus criterios de diseño por el método Marshall, INVÍAS. (2014, 15 de agosto). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras.

2.3 Estado del arte.

En la (Tabla 2) se presenta un análisis corto de algunas investigaciones realizadas en el proceso de compactación de mezclas asfálticas en diferentes temperaturas

Tabla 2. Antecedentes de mezclas asfálticas compactadas a diferentes temperaturas

AÑO	TEMA	CONCLUSIONES	AUTOR
2003	Modelización analítica y estudio experimental de la resistencia a la tracción de un compuesto de hormigón asfáltico a bajas temperaturas	A bajas temperaturas, el modelo desarrollado fue de precisión de ingeniería para predecir la resistencia a la tracción de mezcla asfáltica.	Baoshan Huang, Guoqiang Li, Louay N, Mohammad c
2008	Un marco termo mecánico para modelar la compactación de mezclas asfálticas	El modelo se comporta razonablemente bien en comparación con las mediciones experimentales realizadas en una serie de mezclas asfálticas. Además, los parámetros del modelo se relacionan bien con las propiedades de la mezcla. Las respuestas de tensión observadas tienen una media creciente no lineal que sugiere tensiones de cizallamiento más elevadas a medida que continúa la compactación	Saradhi Koneru Eyad Masad K.R. Rajagopal

AÑO	TEMA	CONCLUSIONES	AUTOR
2018	Evaluación de la compactibilidad de la mezcla asfáltica en caliente utilizando el método de compactación por impacto	<p>El acelerómetro puede determinar las diferentes etapas del proceso de compactación. La respuesta recibida de la mezcla asfáltica del aglomerado asfáltico a través del acelerómetro es similar para diferentes muestras del mismo aglomerado asfáltico.</p> <p>misma mezcla asfáltica, lo que confirma la repetibilidad de este método</p>	<p>Pawel Polaczyk Bingye Han Baoshan Huang Xiaoyang Jia cXiang Shu a</p>
2020	Mezcla asfáltica fría con emulsión y rap 100%: Energía de compactación e influencia del contenido de emulsión y cemento	<p>En cuanto a la energía de compactación, se ha podido establecer la energía que debe aplicar el compactador giratorio para alcanzar aproximadamente el nivel de compactación del campo. Para las probetas</p>	<p>Ali Almusawi Burak Sengoz Ali Topal</p>

Fuente: Adaptación propia

3. METODOLOGIA

La metodología prevista se distribuyó en varios procesos principales con el fin de determinar los resultados obtenidos y dar cumplimiento a los objetivos correspondientes al proyecto.

3.1 Cronograma

A continuación, se evidencia el cronograma de actividades correspondiente a nuestro proyecto:

Tabla 3, Cronograma de actividades del proyecto

CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO																																
EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE COMPACTADA A DIFERENTES TEMPERATURAS																																
ACTIVIDA D Y FECHAS	PERIODO																															
	NOVIEMBR E				DICIEMBR E				ENERO				FEBRER O				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Recopilació n de información	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Ensayo de laboratorio										X	X	X	X																			
Entrega de resultados													X	X																		
Análisis de los resultados																X	X	X	X													
Elaboración de informe																				X	X	X	X	X	X	X						
Sustentació n del proyecto																											X	X				

Fuente: Autores

3.2 Materiales

Seguidamente, se representan los materiales que fueron utilizados para el desarrollo del presente trabajo de grado.

3.2.1. Cemento asfáltico.

Para el presente trabajo se tomó un asfalto 60 -70 proveniente de barranca, en la imagen 7, se muestra la caracterización del cemento asfáltico utilizado.

Imagen 7,Caracterización del cemento asfáltico 60/70

CARACTERÍSTICAS	NORMA DE ENSAYO INV	GRADOS DE PENETRACIÓN	
		60 - 70	
		MÍN	MAX
Asfalto original			
Penetración (25°C, 100 g, 5 s), 0,1 mm	E-706	60	70
Punto de ablandamiento, °C	E-712	48	54
Índice de penetración	E-724	-1,2	+0,6
Viscosidad absoluta (60° C)	E-716 o	150	-
	E-717	0	
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	E-702	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	E-713	99	-
Contenido de agua	E-704	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	E-709	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3
Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720			
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0,8
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento (E-720), en % de la penetración original	E-706	50	-
Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (E-720).	E-712	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto residual y el asfalto original	E-716 o E-717	-	4

Fuente: (INVIAS, 2013)

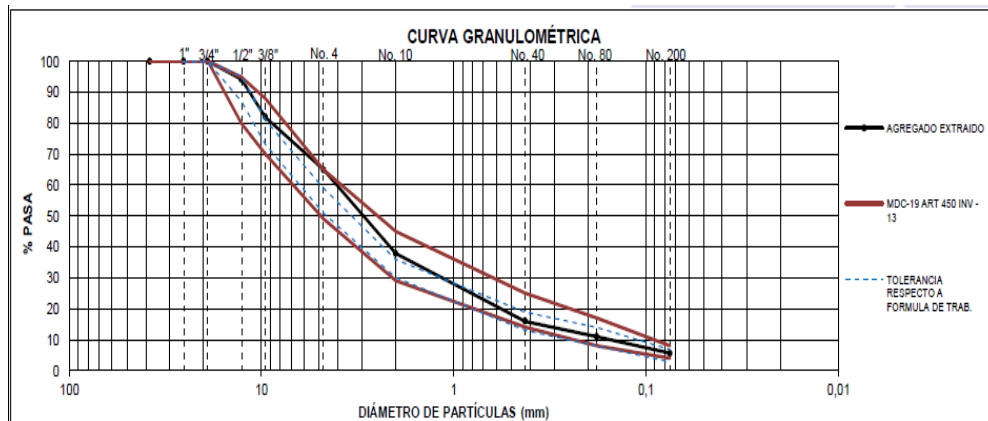
3.2.2 Agregados pétreos.

Los agregados utilizados fueron de un tamaño de 3/4” provenientes de la planta de Cachibi a continuación en la imagen 8 y 9 se presenta los resultados de caracterización física de los agregados para una mezcla asfáltica densa caliente MDC19. (INVIAS, 2013)

Imagen 8, caracterización física de los agregados

Ensayo		Norma	Unidad	Especificación	Resultado
AGREGADO GRUESO					
AGREGADO 3/4"					
DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES		E-218	%	25	18.66
DEGRADACIÓN POR ABRASIÓN EN EL EQUIPO MICRO-DEVAL		E-238	%	20	23.9
CARAS FRACTURADAS		E-227	%	85	91
DENSIDAD Y ABSORCIÓN	Peso específico aparente seca	E-223	g/cm3	-	2.66
	Peso específico aparente sss	E-223	g/cm3	-	2.68
	Peso específico aparente nominal	E-223	g/cm3	-	2.73
	Absorción	E-223		-	1.03
AGREGADO 1/2"					
DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES		E-218	%	25	21.77
DEGRADACIÓN POR ABRASIÓN EN EL EQUIPO MICRO-DEVAL		E-238	%	20	23.6
CARAS FRACTURADAS		E-227	%	70	84
DENSIDAD Y ABSORCIÓN	Peso específico aparente seca	E-223	g/cm3	-	2.65
	Peso específico aparente sss	E-223	g/cm3	-	2.68
	Peso específico aparente nominal	E-223	g/cm3	-	2.72
	Absorción	E-223		-	0.99
AGREGADOS FINOS					
EQUIVALENTE DE ARENA		E-133	%	50	87
DENSIDAD Y ABSORCIÓN	Peso específico aparente seca	E-223	g/cm3	-	2.58
	Peso específico aparente sss	E-223	g/cm3	-	2.63

Fuente: (INVIAS, 2013)

Imagen 9, Curva granulométrica de MDC 19

Fuente: caracterización de diseño mezcla asfáltico MDC-19, Cachibi S.A

3.2 Ensayo Marshall.

Primeramente, para nuestro proyecto se ejecutó la caracterización de los materiales y los parámetros iniciales de diseño; con esto se elaboró 6 briquetas para 5 diferentes temperaturas de compactación, en total fueron (30) briquetas de la muestra suministrada por la planta Cachibi, con un cemento asfáltico CA 60-70, Como granulometría de referencia se utilizó la denotada en la imagen 10. con una temperatura de 80°C, 100°C, 120°C, 140°C y 160°C y con 75 golpes por cada una de las caras tal y como lo especifica el método Marshall. (INV E – 748 – 13)

Imagen 10, Elaboración de briquetas Marshall

Fuente: Propia de los autores

3.3 Valoración de las características de una mezcla MDC-19 compactada a diferentes temperaturas.

3.3.1 Densidad Bulk

Se determinó la gravedad específica Bulk y densidad, sumergiendo en un baño de agua a 25°C y posteriormente secando y pesando al aire, para cada briqueta compactada a diferentes temperaturas (INVE-733-13)

Imagen11, Densidad Bulk



Fuente: Autores

3.3.1 Estabilidad y flujo

Se determina la estabilidad y flujo mediante la prensa Marshall para cada briqueta compactada a diferentes temperaturas (INVE-748-13)

Imagen 12, Estabilidad y flujo



Fuente: Propia

4. ANALISIS DE RESULTADOS.

4.1 Estabilidad y flujo de una mezcla MDC-19 a diferentes temperaturas.

4.1.1 Comportamiento volumétrico.

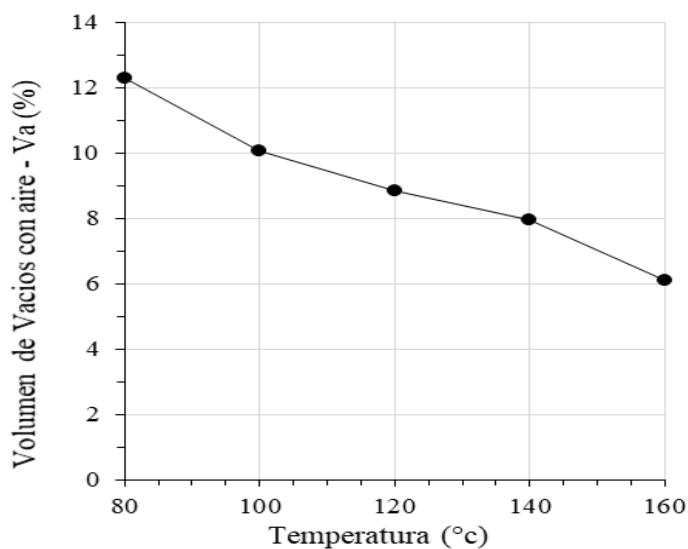
En la imagen 13 se evidencia la gráfica, que a medida que la temperatura es más alta el contenido de vacíos en la mezcla asfáltica disminuye, iniciando con una temperatura de 80 °c se evidencia una disminución lineal en el volumen de vacíos con aire al elevar la temperatura gradualmente en una correlación de aumentar 20 °c y se disminuye 2% Va

Tabla 4, resultados contenido de vacíos a diferentes temperaturas

Temperatura de compactación (°C)	Vacios con aire - Va (%)
	Promedio
160	6,1
140	7,9
120	8,8
100	10,1
80	12,3

Fuente: Autores

Imagen 13, contenido de vacíos a diferentes temperaturas



Fuente: Propia.

4.1.2 Estabilidad.

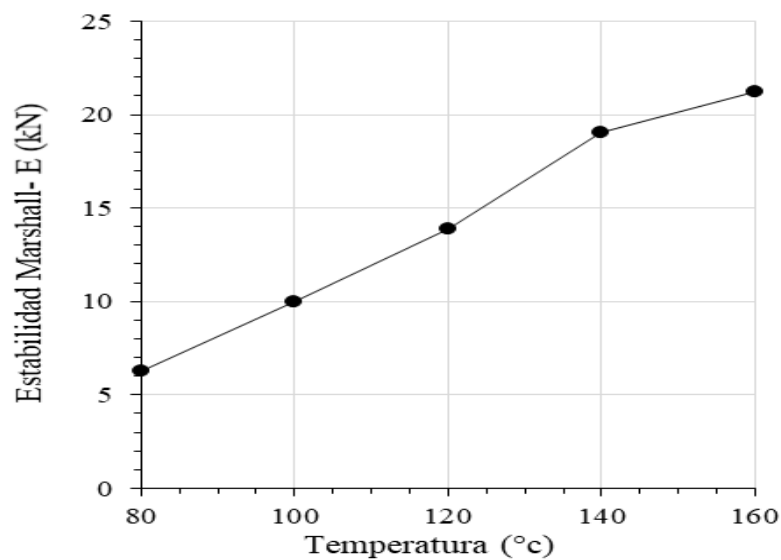
Mediante los ensayos se observó que a medida que aumenta la temperatura de compactación, aumenta los valores de estabilidad, como se observa en la imagen 14 donde se evidencia un comportamiento lineal, iniciando con una temperatura de 80 °c existe un aumento promedio de 3.73 de la estabilidad Marshall por cada 20 °c de aumento en la temperatura. y en la figura 15 se observa una disminución en la estabilidad. Marshall por cada 1 % de volumen de vacíos con aire disminuye cantidad de vacíos disminuye la estabilidad.

Tabla 5, Resultados estabilidad a diferentes temperaturas

Temperatura de compactación (°C)	Estabilidad Marshall - E (%)
	Promedio
160	21,2
140	19,0
120	13,9
100	10,0
80	6,3

Fuente: Propia.

Imagen 14, Estabilidad a diferentes temperaturas

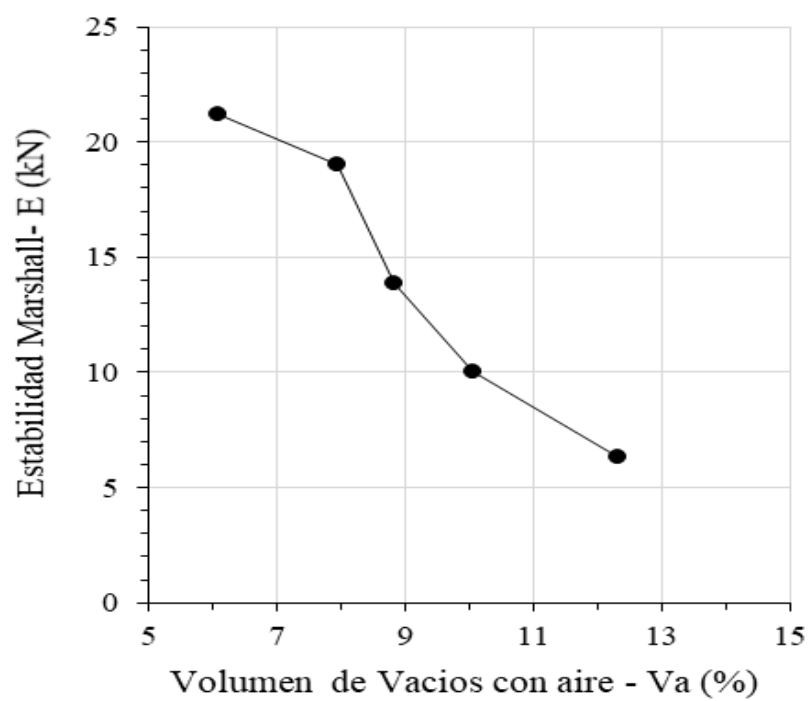


Fuente: Propia.

Tabla 6, Resultados Estabilidad vs Contenido de vacíos

Vacios con aire - Va (%)	Estabilidad Marshall - E (%)
Promedio	Promedio
6,1	21,2
7,9	19,0
8,8	13,9
10,1	10,0
12,3	6,3

Fuente: Propia.

Imagen 15, Estabilidad vs Contenido de vacíos

Fuente: Propia.

4.1.2 Flujo.

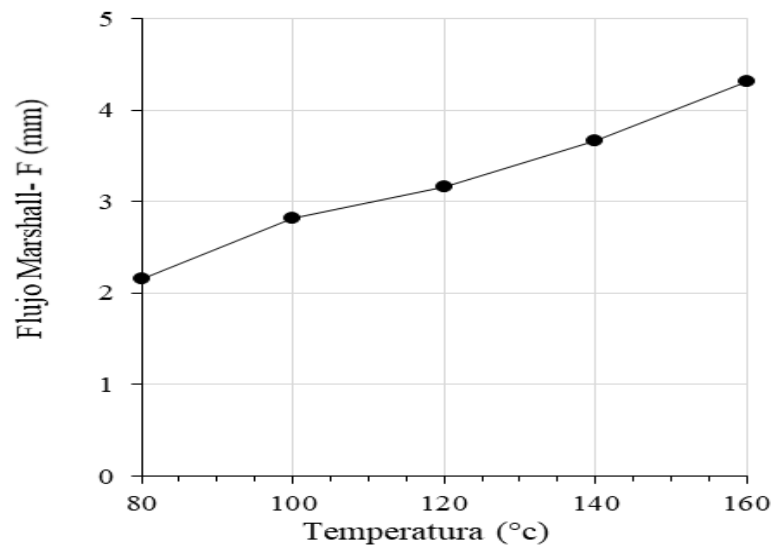
En la imagen 16 donde se evidencia un comportamiento lineal, iniciando con una temperatura de 80 °c existe un aumento promedio de 0.5 en el flujo Marshall a medida que sube la temperatura, y en la figura 17 se observa que a mayor contenido de vacíos menor fluidez.

Tabla 7, Resultados Flujo a diferentes temperaturas.

Temperatura de compactación (°C)	Flujo Marshall - F (mm)
	Promedio
160	4,3
140	3,7
120	3,2
100	2,8
80	2,2

Fuente: Propia.

Imagen 16, Flujo a diferentes temperaturas.

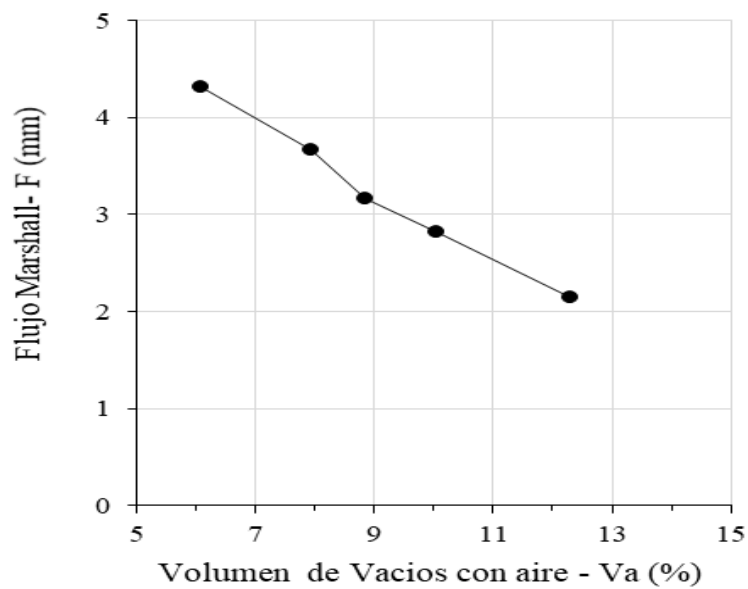


Fuente: Propia.

Tabla 8, Resultados Flujo vs Contenido de vacíos.

Vacios con aire - Va (%)	Flujo Marshall - F (mm)
Promedio	Promedio
6,1	4,3
7,9	3,7
8,8	3,2
10,1	2,8
12,3	2,2

Fuente: Propia.

Imagen 17,Flujo vs Contenido de vacíos.

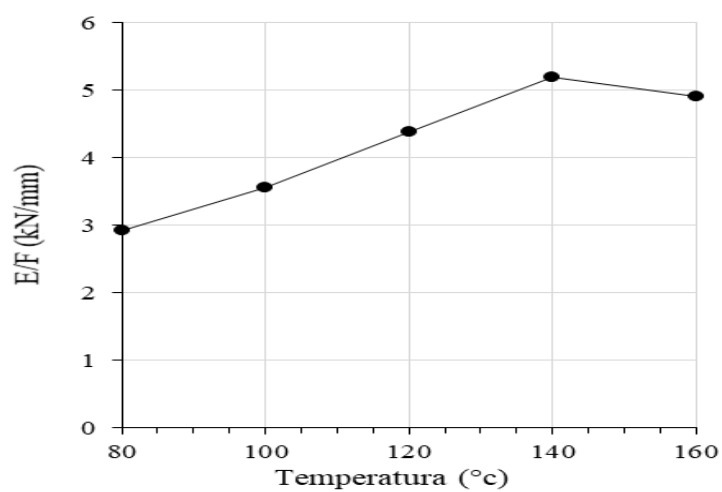
Fuente: Propia.

4.1.3 Rigidez.

Como se muestra en la imagen 18, a mayor temperatura mayor rigidez, sin embargo, se evidencia que a los 160 °C presenta una disminución de rigidez, y en la figura 14 se evidencia que con 8% de vacíos podemos tener una rigidez mayor.

Tabla 9, Resultados Estabilidad vs Flujo a diferentes temperaturas.

Temperatura de compactación (°C)	E/F (kN/mm)
	Promedio
160	4,9
140	5,2
120	4,4
100	3,6
80	2,9

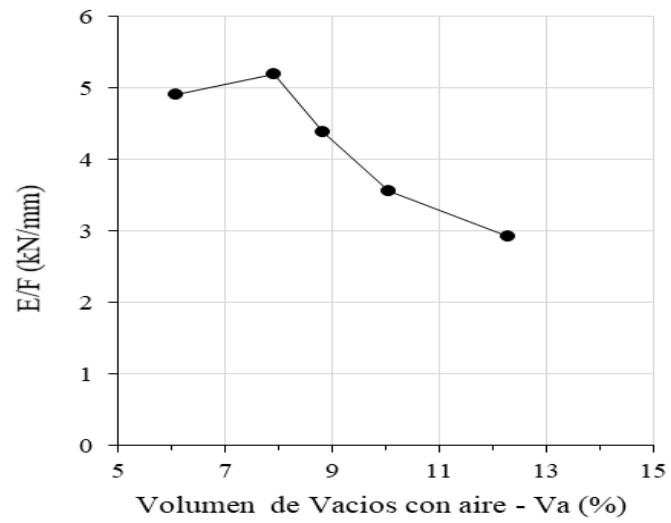
Imagen 18, Estabilidad vs Flujo a diferentes temperaturas

Fuente: Propia.

Tabla 10, Resultados Estabilidad vs Contenido de vacíos.

Vacios con aire - Va (%)	E/F (kN/mm)
Promedio	Promedio
6,1	4,9
7,9	5,2
8,8	4,4
10,1	3,6
12,3	2,9

Imagen 19, Estabilidad vs Contenido de vacíos



Fuente: Propia.

5. Conclusiones y Recomendaciones.

Este trabajo evaluó en laboratorio el comportamiento físico mecánico de una mezcla asfáltica al ser compactada a temperaturas de 160, 140, 120, 100 y 80 °C. Con los resultados obtenidos en la fase experimental, es posible concluir que la reducción de la temperatura origina un incremento de los vacíos de aire de la mezcla y consecuentemente una reducción de la estabilidad y rigidez Marshall. De otra manera, al reducir a la mitad la temperatura de compactación, se produce una pérdida de la estabilidad y rigidez Marshall del 70% y del 40%, respectivamente.

Adicionalmente, es posible concluir que el comportamiento físico mecánico de la mezcla depende directamente de la temperatura de compactación de la mezcla. Sin embargo, estudios adicionales se deben realizar, con el fin de obtener la respuesta ante la sollicitación de cargas dinámicas (fatiga, módulo resiliente), estática (creep estático), deformación permanente y daño por humedad inducida, al reducir las temperaturas de compactación.

REFERENCIAS

- Carlos Kraemer. (2004). *Ingenieria de Carreteras*. Madrid: Amelia Nieva.
- CIVIL, I. (2011). *INGENIERIA CIVIL*. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/06/ductilidad-del-betun-asfaltico.html>
- D.C., A. M. (1 de Septiembre de 2003). *Regimen Legal de Bogota* . Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9846>
- Geotechtips. (2019). Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=2uM5EgHW2Ec&t=975s&ab_channel=UPMUPM
- Hernandez, C. B. (26 de Noviembre de 2014). Obtenido de <https://prezi.com/v5rzbnt4t3u/propiedades-consideradas-de-las-mezclas-asfalticas/>
- INGENIEROS, P. (2015). *PARIS INGENIEROS* . Obtenido de <http://parisingenieros.blogspot.com/2015/04/disenio-de-pavimentos-iii-clasificacion.html>
- Institute., A. (1989). *The Asphalt Handbook, Manual Series* . Washington, D.C.
- INVIAS. (s.f.). 724- 2013.
- INVIAS. (2013).
- INVIAS. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras” la cual se encarga de fundamentar y reglamentar las especificaciones de mezclas asfálticas en caliente y sus criterios de diseño por el método Marshall.
- INVIAS. (2013). INVIAS E 712 - 2013. Colombia.
- INVIAS. (s.f.). 702-2013.
- INVIAS. (s.f.). 704 - 2013.
- INVIAS. (s.f.). 709 - 2013.
- INVIAS. (s.f.). 713 - 2013.
- INVIAS. (s.f.). 716 Y 717.
- INVIAS. (s.f.). 718 - 2013.

INVIAS. (s.f.). E 706 - 13. Colombia.

JULIO CESAR GUERRA TULENA. Presidente del Senado de la Republica. (09 de Enero de 1996). *Ley 253 de 1996*. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0253_1996.html

MINERO-ENERGÉTICA, U. D. (2001). *TRANSFORMACION DE LOS ACEITES USADOS PARA SU*. Bogota D.C.

Ortiz, O. R. (2003). EFECTO DE LA TEMPERATURA DE COMPACTACION EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y DINAMICAS DE UNA MEZCLA ASFALTICA. 13.

Perez. (2018). Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000100006

Piqueras, V. Y. (1997). *EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN. PROBLEMAS RESUELTOS*. València.

Ramírez. (2016).

Rodriguez, A. P. (2014). Mezclas Asfálticas . 26.

ANEXOS

Anexo 1: Ensayos de laboratorio.



GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
 Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
 Nit. 900.224.884-8

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS - I.N.V. E - 732 - 13										FGLR-54					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS - I.N.V. E - 782 - 13										Versión 03					
										Página 1 de 1					
CLIENTE:	Consortio Interventoria Popayán 1310					ORDEN SERVICIO No.:	234								
OBRA:	Interventoría técnica, Administrativa, financiera, jurídica y contable para la pavimentación de las vías urbanas en el Municipio de Popayán, programa pavimento en tu barrio - fase II Departamento del Cauca. Pavimento vía vehicular														
LOCALIZACIÓN OBRA:	Calle 8A desde la carrera 19 a la 20, barrio La Esmeralda. Municipio de Popayán														
CONTRATISTA:	N.A														
INTERVENTORIA:	Consortio Interventoria Popayán 1310														
TIPO MEZCLA:	MDC - 19					PLANTA:	Cachibi								
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Vía K0+000 - K0+013														
PLACA VOLQUETA:	OPT 861					TEMPERATURA DE MEZCLA ASFÁLTICA, °C:	140								
FECHA DE RECIBO:	09-feb-2021					FECHA DE ENSAYO:	12-feb-2021								
EXTRACCIÓN DE ASFALTO															
Masa inicial muestra concreto asfáltico, g					1500,0		TOLERANCIA DE % DE ASFALTO: ±					0,3 %			
Masa final muestra concreto asfáltico, g					1428,7		% ASFALTO DE DISEÑO:					4,8 %			
% Asfalto					4,8		RANGO DE % ASFALTO:					4,5% 5,1%			
GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS EXTRAÍDOS															
MASA SECA ANTES DE LAVAR, g =			1428,7			MASA SECA DESPUÉS DE LAVAR, g =			1357,5			PASA No. 200 POR LAVADO, g =			71,2
TAMIZ		MASA RETENIDA g	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE PASA	ESPECIFICACIÓN MDC-19 ART 450 INV - 13		FORMULA DE TRABAJO	TOLERANCIA RESPECTO A FORMULA DE TRAB.						
Pulg	mm					LIM INF	LIM SUP		LIM INF	LIM SUP					
1½"	38,1	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100	100	100,0	100,0					
1"	25,4	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100	100	100,0	100,0					
¾"	19,05	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100	100	100,0	100,0					
1/2"	12,70	62,3	4,4	4,4	95,6	80	95	91	87,0	95,0					
3/8"	9,525	203,3	14,2	18,6	81,4	70	88	77	73,0	81,0					
No. 4	4,75	227,5	15,9	34,5	65,5	49	65	55	51,0	59,0					
No. 10	2,00	377,7	26,4	61,0	39,0	29	45	33	30,0	36,0					
No. 40	0,425	328,3	23,0	83,9	16,1	14	25	16	13,0	19,0					
No. 80	0,18	74,0	5,2	89,1	10,9	8	17	11	8,0	14,0					
No. 200	0,075	76,9	5,4	94,5	5,5	4	8	4,9	2,9	6,9					
PASA 200 POR TAMIZADO		7,5													
PASA No. 200 TOTAL		78,7	5,5												
TOTAL:		1428,7	100,0	100,0	0,0										
CURVA GRANULOMÉTRICA															
OBSERVACIONES: Datos suministrados por el cliente. Muestra tomada por personal de Geofísica.															
REVISÓ							APROBO								
KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19516030791CAU							FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU								
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO															
ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO															

LABORATORIO CON SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD Certificado bajo la norma ISO 9001:2015 por ICONTEC. Certificado No. SC - CER 290646

CALLE 6 # 11-35 B/Valencia Tel: 8223585 - 8224555 Cel: 321 642 3999 - 3184737918 POPAYÁN - COLOMBIA

www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

NIT. 900.224.884-0

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS - I.N.V. E - 732 - 13										FGLR-54	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS - I.N.V. E - 782 - 13										Versión 03	
										Página 1 de 1	
CLIENTE: Consorcio Interventoría Popayán 1310					ORDEN SERVICIO No.: 234						
OBRA: Interventoría técnica, Administrativa, financiera, jurídica y contable para la pavimentación de las vías urbanas en el Municipio de Popayán, programa pavimento en tu barrio - fase II Departamento del Cauca. Pavimento vía vehicular											
LOCALIZACIÓN OBRA: Calle 8A desde la carrera 19 a la 20, barrio La Esmeralda. Municipio de Popayán											
CONTRATISTA: N.A											
INTERVENTORÍA: Consorcio Interventoría Popayán 1310											
TIPO MEZCLA: MDC - 19				PLANTA: Cachibi							
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA: Vía K0+048 - K0+075											
PLACA VOLQUETA: SXJ - 040				TEMPERATURA DE MEZCLA ASFÁLTICA, °C: 135							
FECHA DE RECIBO: 09-feb-2021				FECHA DE ENSAYO: 12-feb-2021							
EXTRACCIÓN DE ASFALTO											
Masa inicial muestra concreto asfáltico, g				1500,0				TOLERANCIA DE % DE ASFALTO: ± 0,3 %			
Masa final muestra concreto asfáltico, g				1427,5				% ASFALTO DE DISEÑO: 4,8 %			
% Asfalto				4,8				RANGO DE % ASFALTO: 4,5% 5,1%			
GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS EXTRAÍDOS											
MASA SECA ANTES DE LAVAR, g = 1427,5			MASA SECA DESPUÉS DE LAVAR, g = 1358,4			PASA No. 200 POR LAVADO, g = 69,1					
TAMIZ		MASA RETENIDA g	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE PASA	ESPECIFICACIÓN MDC-19 ART 450 INV - 13		FORMULA DE TRABAJO	TOLERANCIA RESPECTO A FORMULA DE TRAB.		
Pulg	mm					LIM INF	LIM SUP		LIM INF	LIM SUP	
1 1/2"	38,1	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100	100	100,0	100,0	
1"	25,4	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100	100	100,0	100,0	
3/4"	19,05	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100	100	100,0	100,0	
1/2"	12,70	83,8	5,9	5,9	94,1	80	95	91	87,0	95,0	
3/8"	9,525	173,1	12,1	18,0	82,0	70	88	77	73,0	81,0	
No. 4	4,75	244,3	17,1	35,1	64,9	49	65	55	51,0	59,0	
No. 10	2,00	385,7	27,0	62,1	37,9	29	45	33	30,0	36,0	
No. 40	0,425	312,5	21,9	84,0	16,0	14	25	16	13,0	19,0	
No. 80	0,18	72,3	5,1	89,1	10,9	8	17	11	8,0	14,0	
No. 200	0,075	76,2	5,3	94,4	5,6	4	8	4,9	2,9	6,9	
PASA 200 POR TAMIZADO		10,5									
PASA No. 200 TOTAL		79,6	5,6								
TOTAL:		1427,5	100,0	100,0	0,0						
CURVA GRANULOMÉTRICA											
OBSERVACIONES: Datos suministrados por el cliente. Muestra tomada por personal de Geofísica.											
REVISÓ						APROBÓ					
KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19516030791CAU						FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU					
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO											



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

NIT. 900.224.884-0

DENSIDAD BULK, ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS										FGLR-57	
I.N.V. E - 733, 736 y 748 - 13										Versión 04	
										Página 1 de 1	
CLIENTE:	Consortio Interventoria Popayán 1310					ORDEN SERVICIO No.: 234					
OBRA:	Interventoría técnica, Administrativa, financiera, jurídica y contable para la pavimentación de las vías urbanas en el Municipio de Popayán, programa pavimento en tu barrio - fase II										
LOCALIZACIÓN OBRA:	Departamento del Cauca. Pavimento vía vehicular										
CONTRATISTA:	N.A										
INTERVENTORIA:	Consortio Interventoria Popayán 1310										
TIPO MEZCLA:	MDC - 19					PLANTA: Cachibi					
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Vía K0+000 - K0+013										
PLACA VOLQUETA:	OPT 861					TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN, °C: 160					
FECHA DE RECIBO:	09-feb-2021					FECHA DE ENSAYO: 11-feb-2021					
Gs DE AGREGADOS, Gsb, g/cm³	2,891					Gs EFECTIVA DE AGREGADOS, Gse, g/cm³					2,931
Gs DEL CEMENTO ASFÁLTICO, Gb, g/cm³	1,018										
Briqueta No.	% Asfalto Pb	Masa briqueta (g)			Gravedad específica (g/cm³)			% agua absorbida			
		En aire, A	En aire SSS, B	Sumergida, C	Bulk Gmb	Máximo teórico Gmm					
1	4,8	1280,0	1284,2	778,9	2,533	2,688	0,8				
2		1294,9	1300,0	786,5	2,522		1,0				
3		1289,3	1293,9	783,6	2,527		0,9				
4		1279,7	1283,8	775,7	2,519		0,8				
5		1295,7	1299,9	785,8	2,520		0,8				
6		1297,7	1302,0	788,5	2,527		0,8				
PROMEDIO:					2,525						
Briqueta No.	Volumen en % total			% Asfalto absorbido, P _{ba}	% Vacíos en Ag. Mineral, VAM	% Asfalto efectivo en masa, P _{be}	% Vacíos llenos de asfalto, VFA	Relación Lienante - ligante			
	Agregados	Vacíos con aire, V _a	Asfalto efectivo	0,5	16,6	4,3	65,2	1,3			
1	83,4	5,8	10,8								
2	83,0	6,2	10,8								
3	83,2	6,0	10,8								
4	82,9	6,3	10,8								
5	83,0	6,2	10,8								
6	83,2	6,0	10,8	16,8	63,5						
PROMEDIO:					6,1						
BRIQUETA	ESTABILIDAD Ei, N		FLUJO, F		RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO						
No.	MEDIDA	Ei CORREGIDA	0,001"	mm	KN/mm						
1	21784,5	21480,6	170	4,3	5,0						
2	22577,9	21623,0	178	4,5	4,8						
3	22047,5	20872,7	166	4,2	5,0						
4	21838,0	20914,3	160	4,1	5,1						
5	22230,2	21601,6	176	4,5	4,8						
6	21690,9	21263,1	168	4,3	5,0						
ESTABILIDAD MEDIA Em, N (Lb)		21293 (4821)	FLUJO MEDIO Fm, mm (1/100")		4,3 (170)	PROMEDIO, KN/mm = 4,9					
ESPECIFICACIÓN APLICABLE: ART 450 INV - 13											
TIPO DE MEZCLA ENSAYADA: MDC-19											
RANGO DE % VACÍOS CON AIRE: RODADURA: NT 1 Y NT 2= 3 - 5, NT 3= 4 - 6 ∞ INTERMEDIA: NT 1= 4 - 8, NT 2 y NT 3= 4 - 7 ∞ BASE: NT 2 y NT 3= 5 - 8											
RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO, KN/mm: NT 1 = 2 a 4, NT 2 = 3 a 5, NT 3 = 3 a 6											
Estabilidad de fórmula de trabajo, Et, N:			15941,0		Flujo de fórmula de Trabajo, mm:		3,1				
Estabilidad mín Promedio = Et*0.9, N:			14346,9		Rango especificado de Fm, mm:		2,5 3,7				
Estabilidad individual máx Ei=Et*1.25, N:			Máx 19926,25								
Estabilidad individual mín Ei=Em*0.8, N:			Mín 17034								
OBSERVACIONES: Datos suministrados por el cliente. Muestra tomada por Geofísica.											
REVISÓ					APROBO						
KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19516030791 CAU					FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294 CAU						
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO											

www.geofisica.com.co

e-mail: info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

NIT. 900.224.884-0

DENSIDAD BULK, ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS										FGLR-57	
I.N.V. E - 733, 736 y 748 - 13										Versión 04	
										Página 1 de 1	
CLIENTE:	Consorcio Interventoría Popayán 1310					ORDEN SERVICIO No.: 234					
OBRA:	Interventoría técnica, Administrativa, financiera, jurídica y contable para la pavimentación de las vías urbanas en el Municipio de Popayán, programa pavimento en tu barrio - fase II Departamento del Cauca. Pavimento vía vehicular										
LOCALIZACIÓN OBRA:	Calle 8A desde la carrera 19 a la 20, barrio La Esmeralda. Municipio de Popayán										
CONTRATISTA:	N.A										
INTERVENTORÍA:	Consorcio Interventoría Popayán 1310										
TIPO MEZCLA:	MDC - 19					PLANTA: Cachibi					
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Vía K0+013 - K0+027										
PLACA VOLQUETA:	OPT 861					TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN, °C: 140					
FECHA DE RECIBO:	09-feb-2021					FECHA DE ENSAYO: 11-feb-2021					
Gs DE AGREGADOS, Gsb, g/cm³	2,891					Gs EFECTIVA DE AGREGADOS, Gse, g/cm³					2,931
Gs DEL CEMENTO ASFÁLTICO, Gb, g/cm³	1,018										
Briqueta No.	% Asfalto Pb	Masa briqueta (g)			Gravedad específica (g/cm³)						
		En aire, A	En aire SSS, B	Sumergida, C	Bulk Gmb	Máximo teórico Gmm	% agua absorbida				
7	4,8	1276,7	1283,6	765,9	2,466	2,688	1,3				
8		1274,3	1280,2	767,8	2,487		1,2				
9		1288,7	1298,0	777,8	2,477		1,8				
10		1267,8	1273,0	760,3	2,473		1,0				
11		1278,6	1285,0	768,7	2,476		1,2				
12		1275,3	1283,9	767,4	2,469		1,7				
PROMEDIO:					2,475						
Briqueta No.	Volumen en % total			% Asfalto absorbido, P _{ba}	% Vacíos en Ag. Mineral, VAM	% Asfalto efectivo en masa, P _{be}	% Vacíos llenos de asfalto, VFA	Relación Lienante - ligante			
	Agregados	Vacíos con aire, V _a	Asfalto efectivo	0,5	18,8	4,3	56,0	1,3			
7	81,2	8,3	10,5								
8	81,9	7,5	10,6								
9	81,6	7,8	10,6								
10	81,4	8,0	10,6								
11	81,5	7,9	10,6								
12	81,3	8,1	10,5	18,7	56,4						
PROMEDIO:		7,9									
BRIQUETA	ESTABILIDAD Ei, N		FLUJO, F		RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO						
No.	MEDIDA	Ei CORREGIDA	0,001"	mm	KN/mm						
7	18998,5	18623,8	138	3,5	5,3						
8	18057,9	19549,0	150	3,8	5,1						
9	20046,0	18707,8	140	3,6	5,3						
10	19471,0	19087,0	145	3,7	5,2						
11	19586,9	19370,5	148	3,8	5,2						
12	19154,5	18776,7	142	3,6	5,2						
ESTABILIDAD MEDIA Em, N (Lb)		19019 (4280)	FLUJO MEDIO Fm, mm (1/100")		3,7 (144)	PROMEDIO, KN/mm = 5,2					
ESPECIFICACIÓN APLICABLE:			ART 450 INV - 13								
TIPO DE MEZCLA ENSAYADA:			MDC-19								
RANGO DE % VACÍOS CON AIRE:			RODADURA: NT 1 Y NT 2= 3 - 5, NT 3= 4 - 6 ∞ INTERMEDIA: NT 1= 4 - 8, NT 2 y NT 3= 4 - 7 ∞ BASE: NT 2 y NT 3= 5 - 8								
RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO, KN/mm:			NT 1 = 2 a 4, NT 2 = 3 a 5, NT 3 = 3 a 6								
Estabilidad de fórmula de trabajo, Et, N:			15941,0		Flujo de fórmula de Trabajo, mm:		3,1				
Estabilidad mín Promedio = Et*0.9, N:			14346,9		Rango especificado de Fm, mm:		2,5 3,7				
Estabilidad individual máx Ei=Et*1.25, N:			Máx 19926,25								
Estabilidad individual mín Ei=Em*0.8, N:			Mín 15215								
OBSERVACIONES: Datos suministrados por el cliente. Muestra tomada por Geofísica.											
REVISÓ					APROBO						
KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19516030791CAU					FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU						
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO											

www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

NIT. 900.224.884-0

DENSIDAD BULK, ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS										FGLR-57	
I.N.V. E - 733, 736 y 748 - 13										Versión 04	
										Página 1 de 1	
CLIENTE:		Consortio Interventoria Popayán 1310						ORDEN SERVICIO No.:		234	
OBRA:		Interventoría técnica, Administrativa, financiera, jurídica y contable para la pavimentación de las vías urbanas en el Municipio de Popayán, programa pavimento en tu barrio - fase II Departamento del Cauca. Pavimento vía vehicular									
LOCALIZACIÓN OBRA:		Calle 8A desde la carrera 19 a la 20, barrio La Esmeralda. Municipio de Popayán									
CONTRATISTA:		N.A									
INTERVENTORIA:		Consortio Interventoria Popayán 1310									
TIPO MEZCLA:		MDC - 19						PLANTA:		Cachibi	
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:		Vía K0+027 - K0+048									
PLACA VOLQUETA:		SXJ 055						TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN, °C:		120	
FECHA DE RECIBO:		09-feb-2021						FECHA DE ENSAYO:		11-feb-2021	
Gs DE AGREGADOS, Gsb, g/cm³		2,891						Gs EFECTIVA DE AGREGADOS, Gse, g/cm³		2,931	
Gs DEL CEMENTO ASFÁLTICO, Gb, g/cm³		1,018									
Briqueta No.		% Asfalto Pb		Masa briqueta (g)			Gravedad específica (g/cm³)			% agua absorbida	
				En aire, A	En aire SSS, B	Sumergida, C	Bulk Gmb	Máximo teórico Gmm			
13		4,8		1200,6	1210,3	721,0	2,454	2,688	2,0		
14				1200,9	1209,9	723,6	2,469		1,9		
15				1195,4	1205,2	718,4	2,456		2,0		
16				1251,4	1261,6	751,7	2,454		2,0		
17				1249,7	1258,6	749,6	2,455		1,7		
18				1250,6	1268,5	751,2	2,418		3,5		
PROMEDIO:							2,451				
Briqueta No.		Volumen en % total		% Asfalto efectivo		% Asfalto absorbido, P _{ba}	% Vacíos en Ag. Mineral, VAM	% Asfalto efectivo en masa, P _{be}	% Vacíos llenos de asfalto, VFA	Relación Lienante - ligante	
13		80,8		8,7		10,5	19,2	4,3	54,6		1,1
14		81,3		8,1		10,5	18,7		56,4		
15		80,9		8,7		10,5	19,1		54,8		
16		80,8		8,7		10,5	19,2		54,6		
17		80,8		8,7		10,5	19,2		54,7		
18		79,6		10,1		10,3	20,4		50,6		
PROMEDIO:		8,8									
BRIQUETA		ESTABILIDAD Ei, N		FLUJO, F		RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO					
No.		MEDIDA		Ei CORREGIDA		0,001"		mm		KN/mm	
13		12485,8		13392,5		118		3,0		4,5	
14		13386,3		14270,5		130		3,3		4,3	
15		13011,8		13828,9		125		3,2		4,4	
16		14126,3		13929,2		126		3,2		4,4	
17		14219,9		13777,5		120		3,0		4,5	
18		14063,9		14115,6		128		3,3		4,3	
ESTABILIDAD MEDIA Em, N (Lb)		13886 (3116)		FLUJO MEDIO Fm, mm (1/100")		3,2 (125)		PROMEDIO, KN/mm = 4,4			
ESPECIFICACIÓN APLICABLE:				ART 450 INV - 13							
TIPO DE MEZCLA ENSAYADA:				MDC-19							
RANGO DE % VACÍOS CON AIRE:				RODADURA: NT 1 Y NT 2= 3 - 5, NT 3= 4 - 6 ∞ INTERMEDIA: NT 1= 4 - 8, NT 2 y NT 3= 4 - 7 ∞ BASE: NT 2 y NT 3= 5 - 8							
RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO, KN/mm:				NT 1 = 2 a 4, NT 2 = 3 a 5, NT 3 = 3 a 6							
Estabilidad de fórmula de trabajo, Et, N:				15941,0				Flujo de fórmula de Trabajo, mm:		3,1	
Estabilidad mín Promedio = Et*0.9, N:				14346,9				Rango especificado de Fm, mm:		2,5 3,7	
Estabilidad individual máx Ei=Et*1.25, N:				Máx 19926,25							
Estabilidad individual mín Ei=Em*0.8, N:				Mín 11109							
OBSERVACIONES: Datos suministrados por el cliente. Muestra tomada por Geofísica.											
REVISÓ						APROBO					
KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19516030791CAU						FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU					
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO											

www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

NIT. 900.224.884-0

DENSIDAD BULK, ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS										FGLR-57
I.N.V. E - 733, 736 y 748 - 13										Versión 04
										Página 1 de 1
CLIENTE:	Consorcio Interventoría Popayán 1310					ORDEN SERVICIO No.:	234			
OBRA:	Interventoría técnica, Administrativa, financiera, jurídica y contable para la pavimentación de las vías urbanas en el Municipio de Popayán, programa pavimento en tu barrio - fase II Departamento del Cauca. Pavimento vía vehicular									
LOCALIZACIÓN OBRA:	Calle 8A desde la carrera 19 a la 20, barrio La Esmeralda. Municipio de Popayán									
CONTRATISTA:	N.A									
INTERVENTORÍA:	Consorcio Interventoría Popayán 1310									
TIPO MEZCLA:	MDC - 19					PLANTA:	Cachibi			
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Vía K0+048 - K0+075									
PLACA VOLQUETA:	SXJ - 040					TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN, °C:	100			
FECHA DE RECIBO:	09-feb-2021					FECHA DE ENSAYO:	11-feb-2021			
Gs DE AGREGADOS, Gsb, g/cm³	2,891					Gs EFECTIVA DE AGREGADOS, Gse, g/cm³	2,931			
Gs DEL CEMENTO ASFÁLTICO, Gb, g/cm³	1,018									
Briqueta No.	% Asfalto Pb	Masa briqueta (g)			Gravedad específica (g/cm³)					
		En aire, A	En aire SSS, B	Sumergida, C	Bulk Gmb	Máximo teórico Gmm	% agua absorbida			
19	4,8	1203,5	1218,1	720,9	2,421	2,688	2,9			
20		1203,9	1218,8	718,6	2,407		3,0			
21		1198,6	1210,5	714,9	2,418		2,4			
22		1202,3	1217,3	720,6	2,421		3,0			
23		1197,6	1212,5	715,8	2,411		3,0			
24		1182,7	1200,0	713,8	2,433		3,6			
PROMEDIO:					2,418					
Briqueta No.	Volumen en % total		% Asfalto efectivo	% Asfalto absorbido, P _{ba}	% Vacíos en Ag. Mineral, VAM	% Asfalto efectivo en masa, P _{be}	% Vacíos llenos de asfalto, VFA	Relación Llenante - ligante		
	Agregados	Vacíos con aire, V _a								
19	79,7	10,0	10,3	0,5	20,3	4,3	50,9	1,3		
20	79,3	10,5	10,3		20,7		49,5			
21	79,6	10,0	10,3		20,4		50,7			
22	79,7	10,0	10,3		20,3		50,9			
23	79,4	10,3	10,3		20,6		50,0			
24	80,1	9,5	10,4		19,9		52,2			
PROMEDIO:		10,0								
BRIQUETA	ESTABILIDAD E _i , N		FLUJO, F		RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO					
No.	MEDIDA	E _i CORREGIDA	0,001"	mm	KN/mm					
19	9673,1	10003,4	116	2,9	3,4					
20	9271,9	9884,3	110	2,8	3,5					
21	9410,1	10187,1	118	3,0	3,4					
22	9343,2	9779,8	108	2,7	3,6					
23	9739,9	9746,8	100	2,5	3,8					
24	10872,2	10442,5	120	3,0	3,4					
ESTABILIDAD MEDIA E _m , N (Lb)		10007 (2248)	FLUJO MEDIO F _m , mm (1/100")		2,8 (112)	PROMEDIO, KN/mm = 3,5				
ESPECIFICACIÓN APLICABLE:			ART 450 INV - 13							
TIPO DE MEZCLA ENSAYADA:			MDC-19							
RANGO DE % VACÍOS CON AIRE:			RODADURA: NT 1 Y NT 2= 3 - 5, NT 3= 4 - 6 ∞ INTERMEDIA: NT 1= 4 - 8, NT 2 y NT 3= 4 - 7 ∞ BASE: NT 2 y NT 3= 5 - 8							
RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO, KN/mm:			NT 1 = 2 a 4, NT 2 = 3 a 5, NT 3 = 3 a 6							
Estabilidad de fórmula de trabajo, E _t , N:			15941,0		Flujo de fórmula de Trabajo, mm:		3,1			
Estabilidad mín Promedio = E _t *0.9, N:			14346,9		Rango especificado de F _m , mm:		2,5 3,7			
Estabilidad individual máx E _i =E _t *1.25, N:			Máx 19926,25							
Estabilidad individual mín E _i =E _m *0.8, N:			Mín 8006							
OBSERVACIONES: Datos suministrados por el cliente. Muestra tomada por Geofísica.										
REVISÓ					APROBO					
KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19516030791CAU					FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU					
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO										

www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co


GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

NIT. 900.224.884-0

DENSIDAD BULK, ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS										FGLR-57		
I.N.V. E - 733, 736 y 748 - 13										Versión 04		
										Página 1 de 1		
CLIENTE:		Consortio Interventoria Popayán 1310						ORDEN SERVICIO No.:		234		
OBRA:		Interventoria técnica, Administrativa, financiera, jurídica y contable para la pavimentación de las vías urbanas en el Municipio de Popayán, programa pavimento en tu barrio - fase II Departamento del Cauca. Pavimento vía vehicular										
LOCALIZACIÓN OBRA:		Calle 8A desde la carrera 19 a la 20, barrio La Esmeralda. Municipio de Popayán										
CONTRATISTA:		N.A										
INTERVENTORÍA:		Consortio Interventoria Popayán 1310										
TIPO MEZCLA:		MDC - 19						PLANTA:		Cachibi		
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:		K0+075 - K0+100										
PLACA VOLQUETA:		ZNL - 079						TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN, ° C:		80		
FECHA DE RECIBO:		11-feb-2021						FECHA DE ENSAYO:		11-feb-2021		
Gs DE AGREGADOS, Gsb, g/cm³		2,891						Gs EFECTIVA DE AGREGADOS, Gse, g/cm³		2,938		
Gs DEL CEMENTO ASFÁLTICO, Gb, g/cm³		1,018										
Briqueta No.	% Asfalto Pb	Masa briqueta (g)			Sumergida, C	Bulk Gmb	Gravedad específica (g/cm³)	Máximo teórico Gmm	% agua absorbida			
		En aire, A	En aire SSS, B									
25	5,0	1152,3	1170,3	680,6	2,353	2,685						
26		1217,0	1237,9	721,8	2,358							
27		1152,1	1170,6	683,4	2,365							
28		1103,6	1118,6	650,0	2,355							
29		1152,0	1168,1	678,2	2,352							
30		1152,8	1169,5	678,2	2,346							
PROMEDIO:						2,355						
Briqueta No.	Volumen en % total				% Asfalto efectivo	% Vacíos en Ag. Mineral, VAM	% Asfalto efectivo en masa, P _{be}	% Vacíos llenos de asfalto, VFA	Relación Llenante - ligante			
	Agregados	Vacíos con aire, V _a	Asfalto									
25	77,3	12,4	10,3	0,6	22,7	4,5			1,2			
26	77,5	12,2	10,3		22,5							
27	77,7	11,9	10,4		22,3							
28	77,4	12,3	10,3		22,6							
29	77,3	12,4	10,3		22,7							
30	77,1	12,6	10,3		22,9							
PROMEDIO:		12,3										
BRIQUETA No.	ESTABILIDAD E _i , N		FLUJO, F		RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO							
	MEDIDA	E _i CORREGIDA	0,001"	mm	KN/mm							
25	6040,1	6641,0	88	2,2	3,0							
26	6316,5	5997,1	83	2,1	2,8							
27	5630,0	6327,3	86	2,2	2,9							
28	6209,5	6680,9	89	2,3	3,0							
29	5848,4	6140,3	83	2,1	2,9							
30	5728,1	5977,6	80	2,0	2,9							
ESTABILIDAD MEDIA E _m , N (Lb)		6294 (1388)	FLUJO MEDIO F _m , mm (1/100 ")		2,2 (85)	PROMEDIO, KN/mm = 2,9						
ESPECIFICACIÓN APLICABLE:			ART 450 INV - 13									
TIPO DE MEZCLA ENSAYADA:			MDC-19									
RANGO DE % VACÍOS CON AIRE:			RODADURA: NT 1 Y NT 2= 3 - 5, NT 3= 4 - 6 ∞ INTERMEDIA: NT 1= 4 - 8, NT 2 y NT3= 4 - 7 ∞ BASE: NT 2 y NT3= 5 - 8									
RELACIÓN ESTABILIDAD FLUJO, KN/mm:			NT 1 = 2 a 4, NT 2 = 3 a 5, NT 3 = 3 a 6									
Estabilidad de fórmula de trabajo, E _t , N:			15941,0		Flujo de fórmula de Trabajo, mm:		3,1					
Estabilidad mín Promedio = E _t *0,9, N:			14346,9		Rango especificado de F _m , mm:		2,5		3,7			
Estabilidad individual máx E _i =E _t *1,25, N:			Máx 19926,25									
Estabilidad individual mín E _i =E _m *0,8, N:			Mín 5035									
OBSERVACIONES: Datos suministrados por el cliente. Muestra tomada por Geofísica.												
REVISÓ						APROBÓ						
KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19518030791CAU						FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19518001294CAU						
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTÁ PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO												

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

Anexo 2: Registro fotográfico

